

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Yutaka TAKITA et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed:

Examiner:

For: PULSE GENERATING APPARATUS AND METHOD

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-432922

Filed: December 26, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 4/20/04

By: Richard A. Gollhofer
Richard A. Gollhofer
Registration No. 31,106

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: December 26, 2003

Application Number: Patent Application
No. 2003-432922

[ST.10/C]: [JP2003-432922]

Applicant(s) : FUJITSU LIMITED

February 19, 2004

Commissioner,
JAPAN Patent Office Yasuo IMAI

Certificate No. P2004-3011338

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 2 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 4 3 2 9 2 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 3 2 9 2 2]

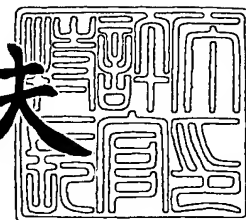
出 願 人 富 士 通 株 式 会 社
Applicant(s):



2 0 0 4 年 2 月 1 9 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 4 - 3 0 1 1 3 3 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 0352736
【提出日】 平成15年12月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 26/00
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
 【氏名】 瀧田 裕
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
 【氏名】 渡辺 茂樹
【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
 【氏名】 二見 史生
【特許出願人】
 【識別番号】 000005223
 【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100074099
 【住所又は居所】 東京都千代田区二番町8番地20 二番町ビル3F
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 大菅 義之
 【電話番号】 03-3238-0031
【選任した代理人】
 【識別番号】 100067987
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区北寺尾7-25-28-503
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 久木元 彰
 【電話番号】 045-545-9280
【国等の委託研究の成果に係る記載事項】 平成14年度、経済産業省「フォトニックネットワーク技術の研究開発」委託研究、産業再生法第30条の適用を受ける特許出願
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 012542
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9705047

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

単一波長光を出力する光源と、

該光源からの光に位相変調をかけ、変調スペクトル成分を生成し、生成される光に含まれる該変調スペクトル成分の各波長の位相を調整することで光パルスを生成する光パルス生成手段と、

を備えることを特徴とする光パルス発生装置。

【請求項 2】

単一波長光を出力する光源と、

該光源からの光に位相変調をかけ、変調スペクトル成分を生成し、生成される光に含まれる該変調スペクトル成分で位相のそろっている波長で該光源とは異なる波長成分を波長選択九器で選択することで光パルスを生成する光パルス生成手段と、

を備えることを特徴とする光パルス発生装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】パルス発生装置および方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、光パルスを生成する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光通信システムでは通信ビットレートが10ギガビット/秒 (Gb/s、ギガ： 10^9) もしくは 40Gb/sの波長分割多重方式 (WDM: Wavelength division multiplexing) が現在採用されている。しかし、この方式では通信容量の増大に伴い波長数が膨大となるために、各波長の信号の管理が困難となる。また、異なる波長の信号光の同期をとり、リアルタイムに信号処理を行うシステムが必要になるが、この構成も大変煩雑になる。このような観点から、単一波長信号で、大容量の通信が可能である光時分割多重方式 (OTDM: Optical time division multiplexing) が有望である。ここで使用されるOTDMの通信用光源は、例えば10 Gb/sの信号を160Gb/sに多重することを考えると、正確に10Gb/sでピコ秒級 (ps、ピコ： 10^{-12}) のパルス幅を有する光パルスを安定に生成できる必要がある。すなわちビットレートの周期時間に比べて十分に短い、すなわちデューティ比の高い時間幅の光パルスを正確なビットレートで安定に生成する必要がある。

【0003】

これに向けた従来の光パルスの発生技術は大きく分けて次の二つがある。

(1) モード同期レーザパルス光源を使った技術

(2) 直接変調型パルス光源を使った技術

図4は、モード同期レーザパルス光源を使った技術の基本構成を示す図である。

【0004】

具体的な例としては、半導体モード同期レーザ (図4 (a))、及びファイバモード同期レーザ (図4 (b)) がある。駆動用RF (Radio Frequency) 信号周波数、位相、利得励起用レーザ光のパワー、などのパラメータを制御することにより光信号対雑音比 (Optical Signal-to-Noise Ratio) が高かつRF信号周波数の制限を受けずにデューティ比の高いサブピコ秒の光パルスが生成できる。しかし一方で、モード同期レーザパルス光源は構造上、光パルスの繰返し周波数を任意にかつ正確に実現できないという課題がある。

【0005】

モード同期レーザでは、光パルスの繰返し周波数 f_0 はレーザの共振器長 L との関係において、光速を c 、共振器媒質の屈折率を n 、 N を任意の整数として、

【0006】

【数1】

$$f_0 = N \frac{c}{2nL} \quad (1)$$

【0007】

を満たさなければならない。

そのため、ある正確な繰返し周波数 f_0 、例えば10ギガヘルツ (GHz、ギガ： 10^9) ± 100 Hzの光パルスを生成するためには、 L を正確に作りこまなければならない。

【0008】

例えば、半導体モード同期レーザの場合を考えると、その共振器長は1センチメートル (cm) のオーダーであるがその誤差は1ナノメートル (ナノ： 10^{-9}) 以下に抑えなければならず製品化における歩留まりを考えるとこの実現は困難である。一方、ファイバモード同期レーザにおいては共振器長が数十メートル単位であるため、 N を調整することで半導体モード同期レーザほど厳しい長さ調節は必要ないが、共振器長が長いために少々の温度変化

などにより共振器長の変化が大きくなる。ゆえに、任意に、かつ正確な繰返し周波数で安定に動作させることは難しい。

【0 0 0 9】

図5は、直接変調型パルス光源を使った技術の基本構成を示す図である。

具体的な例としては、たとえば電界吸収型光変調器（EAM: Electro-absorption modulator）を用いたパルス光源がある。単一波長レーザ光源、EAM、EAM駆動用RF信号源、及び直流電圧源で構成される。この方法ではEAM駆動用RF信号源の制御により任意の繰返し周波数において正確に安定な光パルスを発生可能である。しかし反面、EAMの光透過損失が大きいため、光増幅器を使用して出力パワーを増幅する場合、発生パルス光の光信号対雑音比（OSNR）が大幅に劣化するという問題がある。例えば、EAM自体の光透過損失は7デシベル（dB）程度であるが、光パルスを生成する際には、直流電圧源によりDCの負バイアス電圧をEAMに印加するため、光透過損失が20dB以上となりOSNRの劣化につながる。また、発生する光パルス波形はEAM駆動用RF信号源の波形に依存する為、変調周波数の周期時間と生成する光パルスの時間幅の比（デューティ比）が高い光パルスを生成することは難しいという短所もある。

【0 0 1 0】

上記のような技術の参考文献として、非特許文献1がある。

【非特許文献1】 IEEE Journal of Quantum electronics, VOL 24, No. February 1988, pp. 382-387, title "Optical pulse compression using high-frequency; electrooptic phase modulation"

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 1 1】

前述の通り、モード同期レーザパルス光源では高OSNRでサブピコ秒の光パルスを安定に発生させることができるが、一方で正確な共振器長を有するモード同期レーザパルス光源を作製することは歩留まりの面からも困難であり、任意にかつ正確な繰返し周波数での安定動作は難しい。また、直接変調型パルス光源は、制御が簡単で、任意にかつ正確な繰返し周波数での光パルス生成が可能であるが、一方、（1）光強度変調器における光透過損失が大きいため、OSNRの劣化につながる、（2）パルスの幅は変調周波数に制限されるためデューティ比の高い光パルスの生成が難しい、などの短所がある。

【0 0 1 2】

本発明の課題は、任意の繰返し周波数において正確にかつ安定に動作し、なお高OSNRを有し、かつRF変調周波数に制限されないピコ秒級の（デューティ比が高い）光パルスの生成方法および装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0 0 1 3】

本発明の光パルス発生装置は、単一波長光を出力する光源と、該光源からの光に位相変調をかけ、変調スペクトル成分を生成し、生成される光パルスに含まれる該変調スペクトル成分の各波長の位相を調整することで光パルスを生成する光パルス生成手段とを備えることを特徴とする。

【0 0 1 4】

本発明の光パルス発生方法は、単一波長光を出力する発光ステップと、該発光ステップからの光に位相変調をかけ、変調スペクトル成分を生成し、生成される光パルスに含まれる該変調スペクトル成分の各波長の位相を調整することで光パルスを生成する光パルス生成ステップとを備えることを特徴とする。

【0 0 1 5】

本発明によれば、従来とは異なり、光パルスを生成するのに位相変調を行い、位相変調された結果得られる変調スペクトル成分の各波長の位相をそろえることにより、光パルスを生成する。

【発明の効果】

【0016】

本発明により、制御が簡単で、任意の繰り返し周波数において正確かつ安定に動作し、なおかつ変調信号周波数に制限されず、デューティ比の高いピコ秒級のパルス幅を有する光パルスの生成が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明の実施形態においては、次の手段により課題を解決する。

まず、単一波長レーザ光源（周波数 f ）から出射される光に周波数 f_0 の位相変調を加える。この時、 w ($w = 2pf$) を単一波長レーザ光源の角周波数、 p を変調角周波数 ($p = 2pf_0$) の角周波数、 m は位相変調度、 J_ν は ν 次の第一種ベッセル関数とすると、位相変調の結果生成される光の実部は (2) の式で表される。

【0018】

【数 2】

$$f(t) = A \cos(\omega t + m \cos(pt))$$

$$= A \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} J_\nu(m) \cos[(\omega + \nu p)t + \nu \frac{\pi}{2}] \quad (2)$$

【0019】

この式においては、変調角周波数 p （すなわち周波数間隔 f_0 ）毎に新しい波長成分（ ν 次のモード）が生成されていることが示されている。以降、これを変調スペクトル成分と呼ぶ。ここで、使用する周波数 f 及び変調周波数 f_0 の具体的数値について述べる。単一波長レーザ光源の周波数 f は、光ファイバ通信では波長が 1.5 マイクロメートル（mm、マイクロ： 10^{-6} ）帯であるので、周波数では 200 テラヘルツ（THz、テラ： 10^{12} ）帯となる。変調周波数 f_0 は、光パルスを光通信の送信用光源として使用する際にはビットレートに相当するため、すなわち 10 ギガヘルツ（GHz、ギガ： 10^9 ）、もしくは 40 GHz となる。

【0020】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態を説明する図である。図 1 (a) は全体の構成を示す図である。

単一波長レーザ光源 10 から出射される光に位相変調器 11 で位相変調をかけると変調スペクトル成分が生成される。しかしこの位相変調された光の変調スペクトル成分におけるそれぞれの波長成分の位相は揃っておらず、時間波形としては連続光の状態である。光パルスを生成するためには、変調スペクトル成分の波長成分の位相を位相調整器 13 でそろえる必要がある。

【0021】

位相変調をかける装置（位相変調器 11）は、例えば LiNbO_3 光位相変調器（LN 光位相変調器）を使用すればよい。この光変調器はすでに実用化されている。変調信号は例えば汎用の交流信号発振器（シンセサイザ）を使用すればよい。位相変調がかけられた光の変調スペクトル成分の位相関係を調整するには、平面ブレード・グレーティングを使用すればよい。位相調整の原理を図 1 (b) 中に示す。二つの平面ブレード・グレーティングで構成されており、第一の平面ブレード・グレーティング 13-1 で、光ビームは波長に応じた回折角度に分光される。次に、分光されたビームを第二の平面ブレード・グレーティング 13-2 で、再び平行光に変換する。一連の操作により、各波長成分の経路に差が生じるために、図中に示すように波面 a に対して波面 b が波長に応じて時間差が発生し波面がずれる。すなわち、波長に応じた位相調整を与えることが可能になる。

【0022】

単一波長レーザ光源 10 には、波長 1550 nm（周波数 193.4145 THz）のレーザ光源を使用する。これを光位相変調器 11 に入射し変調スペクトル成分を生成する。ここでは、変調度 $5p$ の正弦波位相変調を施している。変調度 $5p$ の位相変調は Optical Fiber Communication Conference で報告されている $V_p = 1V$ の変調器を、変調信号パワー 24 dBm の交流信号源 12

から出力される正弦波信号で駆動すれば実現できる。変調信号のパワーは必要があれば電気信号増幅器を用いれば、十分対応可能な値である。この時、変調信号は周波数10GHzであるとする、変調スペクトル成分が約30本程度発生する。この変調スペクトル成分の位相を平面ブレード・グレーティング 1 3 で調節する。これによりパルス幅3ps以下の光パルスが生成される。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態の構成図である。

この実施形態では、波長選択器 1 4 をもちいて、単一波長レーザの波長から、光の位相のずれが少ない周波数帯にシフトすればその出力光は光パルスとなる。波長 l_0 の単一波長レーザ光源 1 0 から出力される光に変調周波数 f_0 、変調度5pの位相変調を施す。位相変調により生成される変調スペクトル成分の波長 l_1 ($l_1(l_0)$) を波長選択器 1 4 で選択する。 $f_0=10\text{GHz}$ の場合、半値全幅帯域21GHzの波長を選択すると、パルス幅21psの光パルスを生成できる。この光パルスの時間帯域幅積は0.44であり、この方法によりフーリエ変換限界 (Fourier Transform Limited、TL) の光パルスの生成が可能である。この実施形態では、図 3 に示すように周波数チャープの変化が少ない周波数帯では比較的変調スペクトル成分の各波長成分間における位相のずれが少ないことを利用する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 4 】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態を説明する図である。

【図 2】 本発明の第 2 の実施形態を説明する図 (その 1) である。

【図 3】 本発明の第 2 の実施形態を説明する図 (その 2) である。

【図 4】 モード同期レーザパルス光源を使った技術の基本構成を示す図である。

【図 5】 直接変調型パルス光源を使った技術の基本構成を示す図である。

【符号の説明】

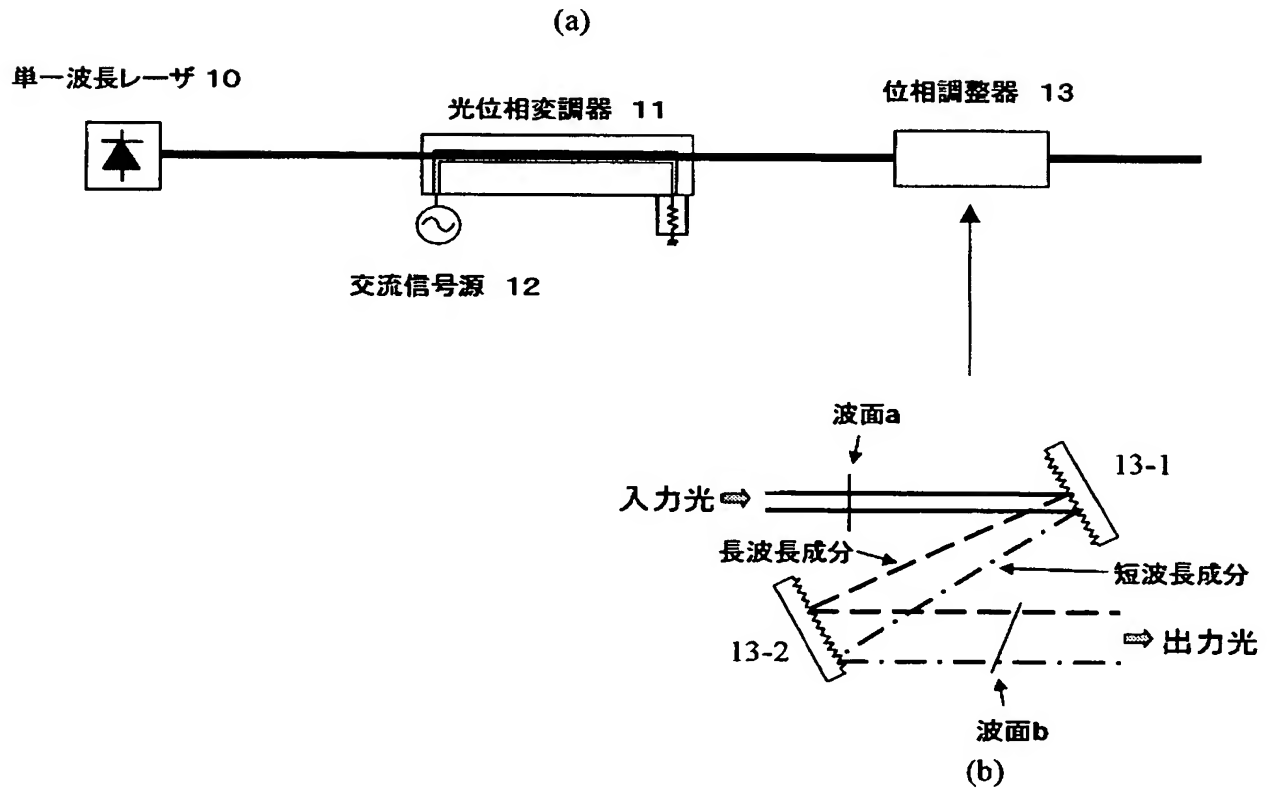
【 0 0 2 5 】

- | | |
|-----|-----------|
| 1 0 | 単一波長レーザ光源 |
| 1 1 | 光位相変調器 |
| 1 2 | 交流信号源 |
| 1 3 | 位相調整器 |
| 1 4 | 波長選択器 |

【書類名】 図面

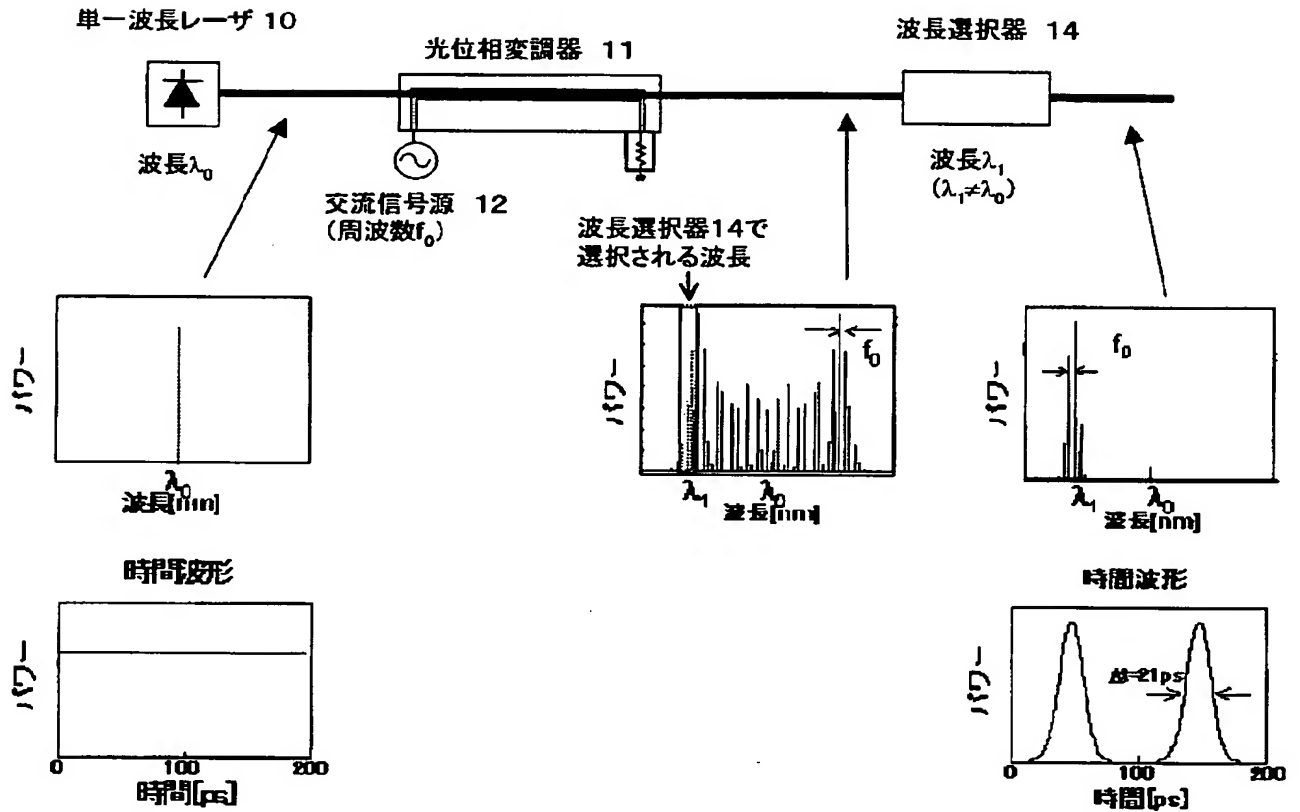
【図 1】

本発明の第一の実施形態を説明する図



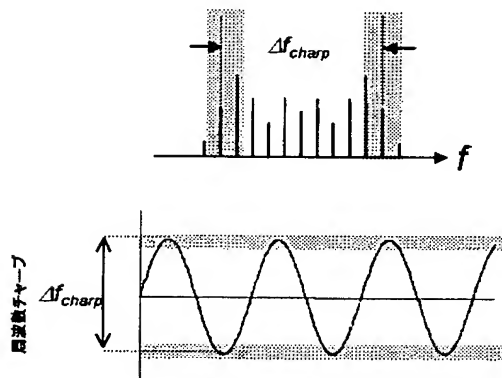
【図 2】

本発明の第二の実施形態を説明する図(その1)



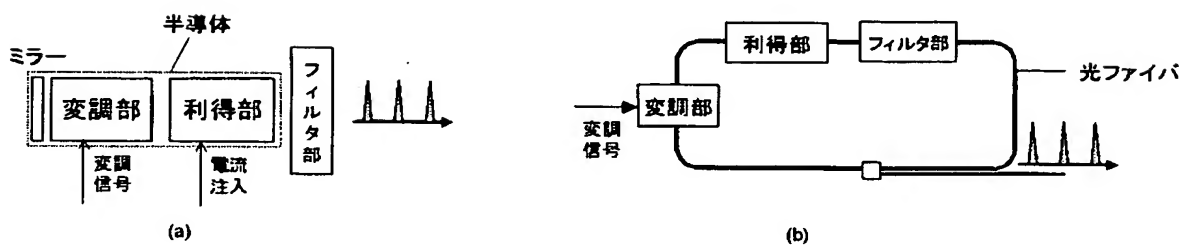
【図 3】

本発明の第二の実施形態を説明する図(その2)



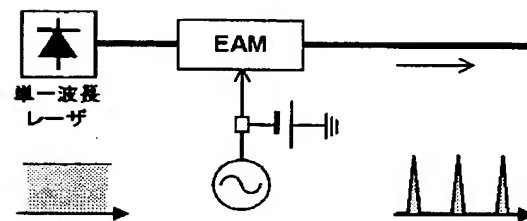
【図 4】

モード同期レーザーパルス光源を使った技術の基本構成を示す図



【図 5】

直接変調型パルス光源を使った
技術の基本構成を示す図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 任意の繰返し周波数において正確にかつ安定に動作し、なお高OSNRを有し、かつRF変調周波数に制限されないピコ秒級の（デューティ比が高い）光パルスの生成方法および装置を提供する。

【解決手段】 単一波長レーザ光源 1 0 から出力された光を光位相変調器 1 1 で位相変調し、新しい変調スペクトル成分を生成する。これらの変調スペクトル成分の位相を位相調整器 1 3 でそろえることにより、時間領域でのパルス波を生成する。

【選択図】 図 2



特願 2 0 0 3 - 4 3 2 9 2 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社